

jp11137947/pn

L1 ANSWER 1 OF 1 JAPIO (C) 2003 JPO on STN

ACCESSION NUMBER: 1999-137947 JAPIO
TITLE: DEHUMIDIFYING AIR CONDITIONER
INVENTOR: MAEDA KENSAKU; FUKASAKU YOSHIRO; YAMANAKA SHOJI
PATENT ASSIGNEE(S): EBARA CORP
PATENT INFORMATION:

PATENT NO	KIND	DATE	ERA	MAIN IPC

JP 11137947	A	19990525	Heisei	B01D053-26

APPLICATION INFORMATION

STN FORMAT: JP 1997-349974 19971204
ORIGINAL: JP09349974 Heisei
PRIORITY APPLN. INFO.: JP 1997-252834 19970902
SOURCE: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN (CD-ROM), Unexamined
Applications, Vol. 1999
INT. PATENT CLASSIF.:
MAIN: B01D053-26
SECONDARY: B01J020-16; B01J020-20; F24F001-00; F24F003-147

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an energy-saving and compact dehumidifying air conditioner.
SOLUTION: This dehumidifying air conditioner has a treated air line and a regenerated air line and further a heat exchanger between the treated air

with moisture adsorbed and the air to be regenerated before being dehumidified by a desiccant and heated by a heating source. The desiccant is not deliquescent, and the maximum value of the differentiated heat of adsorption when the moisture of $\geq 20\%$ of the maximum adsorption amount is adsorbed, is ≤ 1.1 times as high as the heat of condensation of water. Further, when the relative adsorption amount obtd. by defining the maximum adsorption amount at 90% relative humidity as the denominator and the adsorption amount as the numerator is denoted by X, the relative humidity by P and the isotherm separation factor by R, and the function shown by $X=R/(R+P-R.P)$ is used, the adsorption isotherm exhibiting the absorption characteristics of the desiccant lies in the area enclosed between the X-P curve at $R=0.2$ and the X-P curve at $R=2.5$ in the relative humidity range of 30% to 70%.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-137947

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月25日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
B 0 1 D 53/26	1 0 1	B 0 1 D 53/26 1 0 1 B
B 0 1 J 20/16		B 0 1 J 20/16
20/20		20/20 Z
F 2 4 F 1/00	4 5 1	F 2 4 F 1/00 4 5 1
3/147		3/147

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平9-349974

(22) 出願日 平成9年(1997)12月4日

(31) 優先権主張番号 特願平9-252834

(32) 優先日 平9(1997)9月2日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 前田 健作

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 深作 善郎

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 山中 昭司

広島県広島市南区南蟹屋1丁目3-35-1105

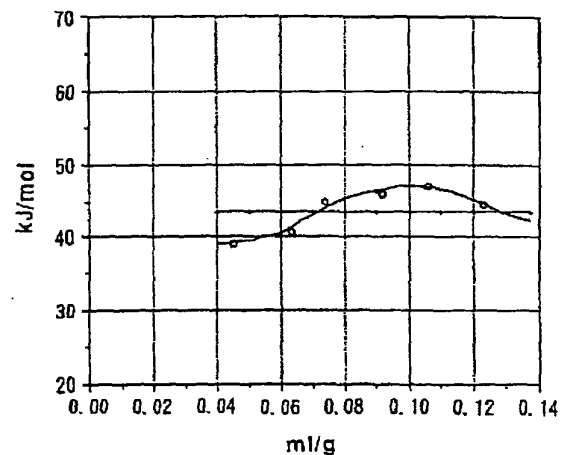
(74) 代理人 弁理士 渡邊 勇 (外2名)

(54) 【発明の名称】 除湿空調装置

(57) 【要約】

【課題】 省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供する。

【解決手段】 処理空気の経路Aと、再生空気の経路Bを有し、水分を吸着された処理空気とデシカント103再生前かつ加熱源240により加熱される前の再生空気との間に熱交換器104を有する除湿空調装置において、デシカントとして、潮解性がなく、かつ最大吸着量の20%以上の水分を吸着する際の微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の1.1倍以下であり、かつデシカントの吸着特性を示す吸着等温線が相対湿度30%から70%の範囲内で、相対湿度90%の時の最大吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量をX、相対湿度をP、等温線分離因子をRとして、式 $X = P / (R + P - R \cdot P)$ で表わされる関数を用いて、等温線分離因子 $R = 0.2$ として得られるX-P曲線と、等温線分離因子 $R = 2.5$ として得られるX-P曲線とに囲まれた範囲内に存在する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デシカントにより水分を吸着される処理空気を経路と、加熱源によって加熱されたのち前記水分吸着後のデシカントを通過してデシカント中の水分を脱着して再生する再生空気を経路を有し、水分を吸着された処理空気とデシカント再生前かつ加熱源により加熱される前の再生空気との間に熱交換器を有する除湿空調装置において、

デシカントとして、潮解性がなく、かつ最大吸着量の 20% 以上の水分を吸着する際の微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の 1.1 倍以下であり、かつデシカントの吸着特性を示す吸着等温線が相対湿度 30% から 70% の範囲内で、相対湿度 90% の時の最大吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量を X 、相対湿度を P 、等温線分離因子を R として、式 $X = P / (R + P - R \cdot P)$ で表わされる関数を用いて、等温線分離因子 $R = 0.2$ として得られる $X-P$ 曲線と、等温線分離因子 $R = 2.5$ として得られる $X-P$ 曲線とに囲まれた範囲内に存在するデシカントを用いたことを特徴とする除湿空調装置。

【請求項 2】 デシカントにアルミナ架橋粘土多孔体を用いたことを特徴とする請求項 1 に記載の除湿空調装置。

【請求項 3】 前記アルミナ架橋粘土多孔体は、層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水したものであることを特徴とする請求項 2 に記載の除湿空調装置。

【請求項 4】 前記層状ケイ酸塩が天然あるいは合成スメクタイトであることを特徴とする請求項 3 に記載の除湿空調装置。

【請求項 5】 デシカントに構造状活性炭を用いたことを特徴とする請求項 1 に記載の除湿空調装置。

【請求項 6】 前記構造状活性炭はポリビニルホルマールを炭化処理し、85℃以下の温度で賦活して得られるものであることを特徴とする請求項 5 に記載の除湿空調装置。

【請求項 7】 デシカントに多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）を用いたことを特徴とする請求項 1 に記載の除湿空調装置。

【請求項 8】 多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）はアルミナ水和物とリン酸とを熱解離性テンプレート剤を用いて反応させて得られる物質であることを特徴とする請求項 7 に記載の除湿空調装置。

【請求項 9】 再生空気を 75℃以下に加熱してデシカントを再生することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の除湿空調装置。

【請求項 10】 水分吸着後の再生空気と熱交換した処理空気をヒートポンプの低熱源で冷却し、かつデシカント再生前の再生空気をヒートポンプの高熱源で加熱することを特徴とする請求項 9 に記載の除湿空調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、除湿空調装置に係り、特にデシカントによる水分の吸着処理と加熱源により加熱された再生空気によるデシカントの再生処理を連続的に行えるようにした除湿空調装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図 16 は、従来技術であり、これは、処理空気経路 A と、再生空気経路 B と、デシカントロータ 103 と、2つの顕熱交換器 104、121 と、加熱器 220 と、加湿器 105 を主な構成機器として、処理空気をデシカントロータ 103 で除湿し、デシカントの水分吸着熱によって温度上昇した処理空気を第 1 の顕熱交換器 104 で再生空気と熱交換して冷却したのち、加湿器で加湿して空調空間に供給するとともに、再生空気を外部空間（OA）から取り入れて、前記第 1 の顕熱交換器 104 で処理空気と熱交換して温度上昇したのち、加熱器 220 で加熱源 200 によって加熱して相対湿度を下げて、デシカントロータ 103 を通過させて、デシカントロータ 103 の水分を脱着再生していた。この従来例では、さらに再生後の再生空気の顕熱分を加熱前の再生空気と第 2 の顕熱交換器 121 で熱交換して回収したのち、外部（EX）に放出するよう構成していた。

【0003】このような技術は所謂デシカント空調と呼ばれ、空調空間の湿度を制御できる技術として実用価値が高いものである。このようなデシカント空調に用いるデシカントとしては、シリカゲルやゼオライトが用いられることが知られているが、変成ゼオライトであってブルナウェアのタイプ 1 に分類され、等温分離因子（セパレーションファクター）が 0.07～0.5 の範囲のものが、燃焼ガスで再生空気を加熱するデシカント空調機に最適であることが知られている。また、過去には塩化リチウムが吸湿物質として用いられることがあったが、高湿度の環境下では潮解性があって、ロータから脱落してしまう欠点があるため次第に使用されなくなっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の技術においては、燃焼ガスで再生空気を加熱するデシカント空調機ではデシカントの再生温度は 101℃（215°F）ないし 143℃（290°F）が適当とされていて、このような再生温度に適切なデシカントとしてゼオライトがふさわしく、特に図 17 に示すように等温分離因子（セパレーションファクター）が 0.07～0.5 の範囲の吸着等温線で示される吸着特性を持つことが最適であることが知られている。しかしデシカントの再生熱源として、様々な排熱や太陽熱を用いようとする場合、再生温度は 65～75℃にする方が、利用できる熱源が多いため、実用化しやすいが、このような場合前記ゼオライトは必ずしも最適なものではない。

【0005】以下に図 17 を用いて理由を説明する。図

17はゼオライトの吸着等温線である。デシカント空調に再生空気として外気を用いる場合、夏期においてその絶対湿度は、空調設計に当たる当業者では一般に21g/kg程度を想定する。このような空気を前記101℃まで加熱するとその相対湿度は、約3.0%になる。一方、吸着される処理空気の相対湿度は、空調装置のJIS-C9612等に規定された室内条件から乾球温度27℃、湿球温度19℃が一般的であり、その時の相対湿度は約50%である。デシカントはこのように50%の処理空気と3.0%の処理空気の間を交互に接触する。

【0006】再生空気と接触して平衡する時のゼオライトの水分含有率は、図17に示すように、式 $X = P / (R + P - R \cdot P)$ で表わされる関数を用いて、等温線分離因子 $R = 0.1$ とし、相対湿度が3.0%の場合は、 $P = 0.030$ として計算すると、 $X = 0.236$ となる。一方、室内からの処理空気と接触して平衡する時のゼオライトの水分含有率は、同様にして、等温線分離因子 $R = 0.1$ とし、 $P = 0.5$ として計算すると、 $X = 0.910$ になる。従って、ゼオライトを用いて再生空気を101℃まで加熱する場合、デシカントでは相対吸着量の差である $0.910 - 0.236 = 0.674$ に最大吸着量に乗じた値の水分が吸脱着できる。

【0007】もし吸着等温線がリニアな（等温分離因子 $R = 1$ ）特性を持つ、シリカゲルのような素材を用いる場合には、吸脱着量の差は相対湿度の差と同じく、 $0.500 - 0.030 = 0.470$ となり、最大吸着量の0.470倍に留まる。また吸脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP の比を示す微分係数 dP/dX が小さいほど、水分を吸着しても水蒸気圧が上昇しにくく、吸着の駆動力が維持され、吸着速度を高くすることができると、相対湿度を横軸に、相対水分含有率を縦軸にして見た場合、吸着等温線は上に凸な形状が有利である。従って、この事例では、ゼオライトの方が有利である。このように再生温度が従来例で示された101℃のように高い場合にはゼオライトを用いることが有利であった。しかし、同様の吸脱着の差を本発明が目的とするような、65～75℃の再生温度で計算すると結果が異なってくる。

【0008】すなわち、絶対湿度21g/kgの再生空気を70℃まで加熱するとその相対湿度は、10.6%になる。従って、再生空気と接触して平衡する時のゼオライトの水分含有率は、相対湿度が10.6%の場合は、 $P = 0.106$ として計算すると、 $X = 0.532$ となる。一方、室内からの処理空気と接触して平衡する時のゼオライトの水分含有率は、前記と同じで、 $P = 0.5$ として計算すると、 $X = 0.910$ になる。従って、ゼオライトを用いて再生空気を70℃まで加熱する場合、デシカントでは両者の差をとって、 $0.910 - 0.532 = 0.378$ 、即ち最大吸着量の0.378倍の水分が吸脱着できる。また、吸着開始点と終了の点

を結ぶ曲線はこの区間では曲率が小さく、リニアな直線と大差無く、吸着速度を高くする効果はリニアな場合と殆ど変わらない。

【0009】もし吸着等温線がリニアな（等温分離因子 $R = 1$ ）特性を持つ、シリカゲルのような素材を用いる場合には、吸脱着量の差は相対湿度の差と同じく、 $0.5 - 0.106 = 0.394$ となり、最大吸着量の0.394倍の吸脱着ができて、前記ゼオライトの0.378を上回る。また公知文献（例えば、空調技術者のための除湿の実用設計、共立出版、昭和55年、4章、図4.1）に記載されているように、最大吸着量はシリカゲルの方がゼオライトよりも多いため、従って、65～75℃の再生温度のデシカント空調にはゼオライトよりもリニアに近い吸着等温線を持ったシリカゲルのようなデシカントの方が有利となる。しかしながら、ゼオライトやシリカゲルには共通する吸着熱に起因する欠点がある。以下に理由を説明する。

【0010】図18は、図16に示した機器構成を持ったデシカント空調のサイクルを湿り空気線図上に示したもので、図中実線は吸着熱が大きい場合の過程を示し、点線は吸着熱が小さい（水の凝縮潜熱に近い）場合の過程を示し、アルファベット記号K～Vは吸着熱が大きい場合の図16中の空気の各状態を示し、L'～V'は吸着熱が小さい場合の図16中の空気の各状態を示すものである。

【0011】処理空気および再生空気の状態変化を図18で説明すると、処理空気（状態K）はデシカントロータ103によって水分を吸着され（状態L）、第1の顕熱交換器104で再生空気（状態Q）と熱交換して冷却され（状態M）、加湿器105で加湿されて（状態P）空調空間101に戻る。一方、再生空気は外気（状態Q）を取り入れて、第1の顕熱交換器104で処理空気（状態L）と熱交換して加熱され（状態R）、更にデシカント再生後の再生空気（状態U）と第2の顕熱交換器121で熱交換して加熱され（状態S）、加熱器220において加熱源によって加熱され（状態T）たのち、デシカントロータ103を再生する。デシカントを再生した再生空気（状態U）は、前記第2の顕熱交換器121で第1の顕熱交換器104を出た再生空気と熱交換して熱回収され（状態V）たのち、排気として外部に捨てられる。

【0012】このようなサイクルを形成するデシカント空調においては、吸着熱が大きいほど、性能が低下する傾向がある。以下に数式を用いて説明する。図18の湿り空気線図上の水分吸着過程（状態K～L、L'）は、吸着熱が水の凝縮熱に等しい場合（状態K～L'）には熱バランスから次の式が成り立つ。

$$\Delta X \cdot R = \Delta T \cdot C_p$$

従って、この過程は勾配が $\partial X / \partial T = C_p / R \approx C_i$ （＝一定）の線分で示される（ここで、Rは水の凝縮潜

熱、 C_p は空気の定圧比熱)。一方、吸着熱がある場合(状態K~L)には、同様にして勾配が $\partial X/\partial T = C_p/H \equiv C_s$ (=一定)の線分で示される(ここでHは吸着熱)。通常は吸着熱 $H >$ 凝縮熱 R であるから、吸着熱がある吸着過程は吸着熱がない過程に比べて線分の勾配は水平に近づく。

【0013】ここで、図18のデシカントサイクルについて吸着熱がある場合(凝縮熱より大きい場合)と、ない場合(凝縮熱と等しい場合)について冷房効果について比較する。処理空気の室内状態(状態K)は乾球温度 T_r 、絶対湿度 X_r とし、処理空気の除湿量を ΔX とす*

$$T_m' = T_l' - \varepsilon (T_l' - T_o) = (1 - \varepsilon) T_l' + T_o$$

$$= (1 - \varepsilon) (T_r + \Delta X / C_i) + T_o \quad (2)$$

ここで ε は第1の顕熱交換器の温度効率を示し、これは NTU (熱通過数)の関数($\varepsilon = f(NTU)$)であり、この計算例では吸着熱がある場合とない場合で、流※

$$T_m = T_l - \varepsilon (T_l - T_o) = (1 - \varepsilon) T_l + \varepsilon T_o$$

$$= (1 - \varepsilon) (T_r + \Delta X / C_s) + \varepsilon T_o \quad (3)$$

この場合状態M、またはM'の乾球温度が低い方が、冷房効果が大きいことになるので、 T_m と T_m' の差を取★20

$$T_m' - T_m = (1 - \varepsilon) (1/C_i - 1/C_s) \Delta X$$

$$= (1 - \varepsilon) (C_s - C_i) \Delta X / C_i C_s \quad (4)$$

$C_s < C_i$ であるから、 $T_m' - T_m < 0$ であり、従って、 $T_m' < T_m$ となり吸着熱が少ない方が、温度が下がり冷房効果が大きくなる。すなわち図18において、 $\Delta Q' > \Delta Q$ となり、吸着熱が大きいほうが、冷房効果が小さくなる。

【0015】次に再生空気の所要加熱量について、吸着☆

$$T_r' = T_o + \varepsilon (T_l' - T_o) = (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon T_l' \quad (6)$$

状態U'と状態R'が熱交換するから、状態S'は、

$$T_s' = (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon T_l' + \varepsilon' [(T_g - \Delta X / C_i) - (1 - \varepsilon) T_o - \varepsilon T_l']$$

$$= (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon' (T_g - \Delta X / C_i) + \varepsilon (1 - \varepsilon') T_l' \quad (7)$$

ここで、 ε' は第2の顕熱交換器の温度効率を示し、前記と同様に定数として扱える。同様にして吸着熱が大きい場合の状態Uは、

$$T_s = (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon' (T_g - \Delta X / C_s) + \varepsilon (1 - \varepsilon') T_l \quad (8)$$

となる。この場合状態S'、またはSの乾球温度が高い方が、再生加熱量が少ないことになるので、 T_s' と T_s の差を取ると、

$$T_s' - T_s = -\varepsilon' (\Delta X / C_i - \Delta X / C_s) + \varepsilon (1 - \varepsilon') (T_l' - T_l)$$

$$= -\varepsilon' (\Delta X / C_i - \Delta X / C_s) + \varepsilon (1 - \varepsilon') [(T_r + \Delta X / C_i) - (T_r + \Delta X / C_s)]$$

$$= \Delta X (C_i - C_s) (\varepsilon' - \varepsilon + \varepsilon' \varepsilon) / C_s C_i \quad (9)$$

通常2つの顕熱熱交換器の温度効率は70%以上であり、この範囲では $(\varepsilon' - \varepsilon + \varepsilon' \varepsilon)$ は正であり、また $C_i > C_s$ であるから、(9)式は正となる。従って、S点の温度は吸着熱が小さいほど高くなるから、再生空気の加熱量は少なくて済む。すなわち図18において、

*る。また再生空気には処理空気と同じ流量の外気を用い(従って再生空気の加湿量も ΔX となる)、入口条件は乾球温度 T_o 、絶対湿度 X_o とし、再生温度を T_g とする。これらの条件は吸着熱がある場合とない場合で同一として比較する。処理空気の吸着除湿過程では、吸着熱がない場合には、吸着後の温度 T_l' は、

$$T_l' = T_r + \Delta X / C_i \quad (1)$$

ここで ΔX は除湿前後の湿度差の絶対値とする。この処理空気が外気と熱交換し、状態M'となる。状態M'の温度、伝熱係数、伝熱面積が等しければ NTU は等しいから、差異はなく定数として扱える。

【0014】同様にして、吸着熱がある場合には、

☆熱がある場合(凝縮熱より大きい場合)と、ない場合(凝縮熱と等しい場合)を比較する。前記と同じく図18において、吸着熱がない場合には、状態U'は、

$$T_u' = T_g - \Delta X / C_i \quad (5)$$

状態R'は、

*sの差を取ると、

$G' < \Delta G$ である。従って、吸着熱が大きいほど再生空気の加熱に要する熱量が多くなる。

【0016】このように、デシカントの吸着熱は小さいほど、冷房効果が大きくなり、かつ再生空気の加熱量が少なくて済むため、出来る限り吸着熱が少ないデシカント

トを用いることが望ましいが、公知のデシカントであるゼオライトやシリカゲルは下記の公知例1～5に示すように、水の凝縮熱に比べて大きいことが報告されている。

（公知例1）特開平6-277440の図17に変成ゼオライトの微分吸着熱が水の凝縮熱の1.28倍で、デシカント空調の実用範囲（吸着量0.06～0.2g/g）では、ほぼ一定であることが記載されている。

（公知例2）文献（空調技術者のための除湿の実用設計、共立出版、昭和55年）の4章172頁にゼオライトが水の凝縮熱の2倍であることが記載されている。

（公知例3）文献（空気調和衛生工学57巻7号61頁）にシリカゲルが800kcal/kgの吸着熱を有することが記載されている。

（公知例4）文献（空調技術者のための除湿の実用設計、共立出版、昭和55年）の4章172頁にシリカゲルが水の凝縮熱の1.3倍であることが記載されている。

（公知例5）文献（英国、Heat Recovery Systems、Vol. 6、No. 2、pp151-167、1986年、Fig. 5）にシリカゲルの微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の1.33倍、最小値が凝縮熱の1.12倍であることが記載されている。そのため、ゼオライトやシリカゲルは、吸着熱が少ないデシカントと比べて、冷房効果が少なくなり、また再生空気の加熱量が多くなる欠点があった。

【0017】一方、吸着熱が比較的少ないデシカントとしては、繊維質素材に含浸させた塩化リチウムを用いる方法があり、この吸着熱は下記の公知例6で吸着熱が少ないことが報告されている。

（公知例6）文献（空気調和衛生工学便覧（昭和42年）、空気調和衛生工学会、15章、図15、18の濃度エンタルピー線図）しかしながら、前述の通り、塩化リチウムは高い湿度下で潮解性があるため、使用条件に制約があり、デシカント空調には使用できない。

【0018】また、吸着熱が比較的少ない別のデシカントとしては、活性炭を用いる方法もあるが、活性炭とくに木質系活性炭は図19に示す下記の公知例7に記載されている吸着等温線が示すように、40～50%の相対湿度領域から急激に水分含有率が上昇する特性があり、そのため、デシカント空調の使用条件では水分の吸脱着量が少なく、また吸脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP の比を示す微分係数 dP/dX が大きく、かつ下に凸なため、吸着速度が遅くなる欠点があった。

（公知例7）文献（化学工学論文集、第15巻、第1号、1989年、pp38-43、Fig. 4）

【0019】このように、従来の技術では、吸着特性に優れたデシカントは吸着熱が大きいため熱エネルギー消費が多くなる欠点があり、吸着熱が少ないデシカントは

吸着特性がデシカント空調の使用条件に合わない欠点があり、特に、微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の1.1倍以下で、吸着等温線で示される吸着特性が65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントを用いることがなされていなかった。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】本発明は前述した点に鑑みてなされたもので、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためになされたもので、請求項1に記載の発明は、デシカントにより水分を吸着される処理空気の経路と、加熱源によって加熱されたのち前記水分吸着後のデシカントを通過してデシカント中の水分を脱着して再生する再生空気の経路を有し、水分を吸着された処理空気とデシカント再生前かつ加熱源により加熱される前の再生空気との間に熱交換器を有する除湿空調装置において、デシカントとして、潮解性がなく、かつ最大吸着量の20%以上の水分を吸着する際の微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の1.1倍以下であり、かつデシカントの吸着特性を示す吸着等温線が相対湿度30%から70%の範囲内で、相対湿度90%の時の最大吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量を X 、相対湿度を P 、等温線分離因子を R として、式 $X = P / (R + P - R \cdot P)$ で表わされる関数を用いて、等温線分離因子 $R = 0.2$ として得られる $X-P$ 曲線と、等温線分離因子 $R = 2.5$ として得られる $X-P$ 曲線とに囲まれた範囲内に存在するデシカントを用いたことを特徴とする除湿空調装置である。

【0022】このように、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントを用いて、空調装置を構成することにより、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0023】請求項2に記載の発明は、デシカントにアルミナ架橋粘土多孔体を用いたことを特徴とする請求項1に記載の除湿空調装置である。このように、デシカントにアルミナ架橋粘土多孔体を用いることによって、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントが得られ、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0024】請求項3に記載の発明は、前記アルミナ架橋粘土多孔体は層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水したものであることを特徴とする請求項2に記載の除湿空調装置である。このように、層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水してアルミナ架橋

粘土多孔体を製造し、デシカントに用いることによって、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ 65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントが得られ、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0025】請求項 4 に記載の発明は、層状ケイ酸塩が天然あるいは合成スメクタイトであることを特徴とする請求項 3 に記載の除湿空調装置である。このように、層状ケイ酸塩として交換性陽イオンを有するモンモリロナイト等の天然あるいは合成スメクタイトを用いて層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水してアルミナ架橋粘土多孔体を製造し、デシカントに用いることによって、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ 65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントが得られ、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0026】請求項 5 に記載の発明は、デシカントに構造状活性炭を用いたことを特徴とする請求項 1 に記載の除湿空調装置である。このように、デシカントに構造状活性炭を用いることによって、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ 65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントが得られ、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0027】請求項 6 に記載の発明は、構造状活性炭はポリビニルホルマールを炭化処理し、850℃以下の温度で賦活して得られるものであることを特徴とする請求項 5 に記載の除湿空調装置である。このように、ポリビニルホルマールを炭化処理し、850℃以下の温度で賦活して構造状活性炭を製造し、デシカントに用いることによって、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ 65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントが得られ、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0028】請求項 7 に記載の発明は、デシカントに多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）を用いたことを特徴とする請求項 1 に記載の除湿空調装置である。このように、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ 65～75℃の再生温度に適当な特性を有するリン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）をデシカントとして用いて、空調装置を構成することにより、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0029】請求項 8 に記載の発明は、多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）はアルミナ水和物（例えば、水酸化アルミニウム、ペーマイト、擬ペーマイトなど）とリン酸とを熱解離性テンプレート剤（例えばトリプロピルアミンのような有機塩基）を用いて反応させて得られる物質であることを特徴とする請求項 7 に記載

の除湿空調装置である。このようにして製造した多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）をデシカントに用いることによって、潮解性がなく、かつ吸着熱が従来のデシカントよりも少なく、かつ 65～75℃の再生温度に適当な特性を有するデシカントが得られ、省エネルギーでかつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【0030】請求項 9 に記載の発明は、再生空気を 75℃以下に加熱してデシカントを再生することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の除湿空調装置である。このように、デシカントの吸着特性に合わせた再生温度でデシカントを再生することと、比較的低い駆動熱源を利用することによって、省エネルギーな除湿空調装置を提供することができる。

【0031】請求項 10 に記載の発明は、水分吸着後の再生空気と熱交換した処理空気をヒートポンプの低熱源で冷却し、かつデシカント再生前の再生空気をヒートポンプの高熱源で加熱することを特徴とする請求項 9 に記載の除湿空調装置である。このように、水分吸着後の再生空気から熱を取ってその熱を再生空気の再生に用いることによって、ヒートポンプの駆動エネルギーの多重効用化が可能になり、省エネルギーな除湿空調装置を提供することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る除湿空調装置の実施例を説明する。本発明の第 1 の実施例は、層状ケイ酸塩として交換性陽イオンにナトリウム基を持つモンモリロナイト等の天然あるいは合成スメクタイトを用いて層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水してアルミナ架橋粘土多孔体にしたものを、デシカントとして用いる除湿空調装置である。この種のアルミナ架橋粘土多孔体の吸湿特性および製造方法は、下記の公知例 8 の文献に、また製造方法は別の公知例 9 の文献にも紹介されている。

（公知例 8）文献（米国、Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 134, No. 1, January (1990), pp51-58）

（公知例 9）文献（表面、Vol. 29, No. 5, 1991 年, pp387-398, 5. 2 項）

【0033】図 1 は、公知例 8 の文献に Fig. 10 として記載された、アルミナ架橋粘土多孔体（Alumina Pillared Clay）の吸着熱を示す図であって、横軸は吸着量、縦軸は吸着熱を示している。図 2 は、図 1 の関係を用いて吸着熱を水の凝縮熱に対する比として示したもので横軸は吸着量、縦軸は吸着熱の水の凝縮熱に対する比を示している。図 2 からこの素材の吸着熱は微分吸着熱の最大でも水の凝縮熱の 1.08 倍であって、平均すると、水の凝縮熱にほぼ等しい特性を有することが判る。

【0034】このように小さな吸着熱を有するデシカ

トを図16に示したデシカント空調装置に用いた場合の効果について、以下に説明する。図18の湿り空気線図上の水分吸着過程（状態K～L、L'）は、吸着熱が水の凝縮熱に等しい場合（状態K～L'）には熱バランスから次の式が成り立つ。

$$\Delta X \cdot R = \Delta T \cdot C_p$$

従って、この過程は勾配が $\partial X / \partial T = C_p / R \approx C_i$ ($= 0.24 / 580 = 0.414 \times 10^{-3} = \text{一定}$) の線分で示される。（ここでRは水の凝縮潜熱、 C_p は空気の定圧比熱）。一方、吸着熱がある場合（状態K～L）には、同様にして勾配が $\partial X / \partial T = C_p / H \approx C_s$ ($= \text{一定}$) の線分で示される（ここでHは吸着熱）。ちなみに公知例1の特開平6-277440の図17に変成ゼオライト（吸着熱が水の凝縮熱の1.28倍）を用いる場合には、

$$X / \partial T = C_p / H \approx C_s$$

$= 0.24 / 580 / 1.28 = 0.323 \times 10^{-3}$ となる。

【0035】ここで、冷房効果について比較する。処理*

$$T_{m'} = T_{l'} - \varepsilon (T_{l'} - T_o) = (1 - \varepsilon) T_{l'} + \varepsilon T_o$$

$$= (1 - \varepsilon) (T_r + \Delta X / C_i) + \varepsilon T_o \quad (2)$$

ここで ε は第1の顕熱交換器の温度効率を示す。従って、第1の顕熱交換器の温度効率を80%、外気温度を30℃とすると、 $T_{m'} = (1 - 0.80) 40.77 + 0.8 \times 30 = 32.15^\circ\text{C}$ となる。冷却前の点L'は、室内と同じエンタルピ線上の点であるから、すなわ※

$$T_m = T_l - \varepsilon (T_l - T_o) = (1 - \varepsilon) T_l + \varepsilon T_o$$

$$= (1 - \varepsilon) (T_r + \Delta X / C_s) + \varepsilon T_o \quad (3)$$

この場合状態M、と前記M'で、 T_m と $T_{m'}$ の差を取る★ ★と、

$$T_{m'} - T_m = (1 - \varepsilon) (1 / C_i - 1 / C_s) \Delta X$$

$$= (1 - \varepsilon) (C_s - C_i) \Delta X / C_i C_s \quad (4)$$

従って、

$$\begin{aligned} T_{m'} - T_m &= (1 - 0.80) (0.323 \times 10^{-3} - 0.414 \\ &\quad \times 10^{-3}) 5.7 \times 10^{-3} / 0.414 \times 10^{-3} / \\ &\quad 0.323 \times 10^{-3} \\ &= -0.776^\circ\text{C} \end{aligned}$$

従って、冷房効果は、ゼオライトのような吸着熱がある場合には、 $0.776 \times 0.24 = 0.186 \text{ kcal} / \text{kg}$ だけ小さくなる。即ち、吸着熱が水の凝縮熱に等しい場合に比べて約9%減少する。換言すると、本発明 40 によれば、ゼオライトを使用する場合よりも冷房効果が10%増加する。 ☆

$$T_{u'} = T_g - \Delta X / C_i$$

$$= 70 - 0.0057 / 0.000414 = 56.23^\circ\text{C} \quad (5)$$

状態R'は、

$$T_{r'} = T_o + \varepsilon (T_{l'} - T_o) = (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon T_{l'}$$

$$= 0.2 \times 30 + 0.8 \times 40.77 = 38.62 \quad (6)$$

状態U'と状態R'が熱交換するから、状態S'は、

$$T_{s'} = (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon T_{l'} + \varepsilon'$$

$$\times [(T_g - \Delta X / C_i) - (1 - \varepsilon) T_o - \varepsilon T_{l'}]$$

* 空気の室内状態（状態K）は乾球温度 T_r 、絶対湿度 X_r とし、処理空気の除湿量を ΔX とする。また再生空気には処理空気と同じ流量の外気を用い、入口条件は乾球温度 T_o 、絶対湿度 X_o とし、再生温度を T_g とする。これらの条件は吸着熱がある場合とない場合で同一として比較する。処理空気の吸着除湿過程では、吸着熱がない場合には、吸着後の温度 $T_{l'}$ は、

$$T_{l'} = T_r + \Delta X / C_i \quad (1)$$

ここで ΔX は除湿前後の湿度差の絶対値である。70℃で再生する場合は前述の通り、デシカントは相对湿度10%まで吸着できるから、室内空気条件をJIS-C9612等に規定された乾球温度27℃、湿球温度19℃（相对湿度48%、絶対湿度10.7g/kg）とすると、該状態を通る当エンタルピ線が相对湿度10%と交わる点を求めると到達する絶対湿度は、約5g/kgとなる。従って、除湿される水分量 ΔX は5.7g/kgとなる。従って、 $T_{l'} = 27 + 0.0057 / 0.000414 = 40.77^\circ\text{C}$ となる。この処理空気が外気と熱交換し、状態M'となる。状態M'の温度は、

※ち、冷房効果として $\Delta Q' = (T_{l'} - T_{m'}) / C_p$ が得られたことになる。すなわち、 $\Delta Q' = (40.77 - 32.15) \times 0.24 = 2.069 \text{ kcal} / \text{kg}$ の冷房効果が得られる。

【0036】一方、吸着熱がある場合には、

☆【0037】次に再生空気の所要加熱量について、ゼオライトのような吸着熱がある場合（凝縮熱より大きい場合）と、ない場合（凝縮熱と等しい場合）を比較する。前記と同じく図18において、吸着熱がない場合には、状態U'は、

13

14

$$\begin{aligned}
 &= (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon' (T_g - \Delta X / C_i) \\
 &\quad + \varepsilon (1 - \varepsilon') T_l' \quad (7) \\
 &= 0.2 \times 0.2 \times 30 + 0.8 (70 - 0.0057 / \\
 &\quad 0.000414) + 0.8 \times 0.2 \times 40.77 = 52.70^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

ここで、 ε' は第 2 の顕熱交換器の温度効率である。従
 って、再生空気の加熱量 $\Delta G'$ は、

$$\Delta G' = (T_g - T_s') \times C_p$$

$$= (70 - 52.70) \times 0.24 = 4.152 \text{ kcal}^*$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon' (T_g - \Delta X / C_s) \\
 &\quad + \varepsilon (1 - \varepsilon') T_l \quad (8)
 \end{aligned}$$

この場合状態 S' 、または S の乾球温度が高い方が、再
 生加熱量が少なくなることになるので、 T_s' と T_s の差を※

$$\begin{aligned}
 T_s' - T_s &= -\varepsilon' (\Delta X / C_i - \Delta X / C_s) \\
 &\quad + \varepsilon (1 - \varepsilon') (T_l' - T_l) \\
 &= -\varepsilon' (\Delta X / C_i - \Delta X / C_s) + \varepsilon (1 - \varepsilon') \\
 &\quad [(T_r + \Delta X / C_i) - (T_r + \Delta X / C_s)] \\
 &= \Delta X (C_i - C_s) (\varepsilon' - \varepsilon + \varepsilon' \varepsilon) / C_s C_i \quad (9) \\
 &= 0.0057 \times (0.000414 - 0.000323) \\
 &\quad (0.8 - 0.8 + 0.8 \times 0.8) / 0.000323 / \\
 &\quad 0.000414 \\
 &= 2.48^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

従って、吸着熱が大きい場合の加熱量は、 $2.48 \times$
 $0.24 = 0.595 \text{ kcal} / \text{kg}$ だけ多くなる。即
 ち、吸着熱が水の凝縮熱に等しい場合に比べて約 14 %
 増加する。換言すると、本発明によれば、ゼオライトを
 使用する場合よりも必要な加熱量が 13 % 減少する。両
 者をエネルギー効率で比較すると、更に差が大きくなる。
 本発明によれば動作係数は、

$$\begin{aligned}
 \text{COP}' &= \Delta Q' / \Delta G' = 2.069 / 4.152 = \\
 &= 0.4983
 \end{aligned}$$

一方、吸着熱が大きいゼオライトを使用する従来の場合
 は、

$$\begin{aligned}
 \text{COP} &= \Delta Q / \Delta G = (2.069 - 0.186) / \\
 &\quad (4.152 + 0.595) \\
 &= 0.3967
 \end{aligned}$$

従って、本発明によれば、ゼオライトを用いる従来例に
 比べて、動作係数は 25.6 % 向上する。

【0039】一方、本実施例に用いた、アルミナ架橋粘
 土多孔体の吸湿特性は、公知例 8 に紹介されており、デ
 シカント空調に最適なものである。以下に図を用いて説
 明する。図 3 は、公知例 8 に記載されている、層状ケイ
 酸塩（モンモリロナイト）層間の交換性陽イオンをアル
 ミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを
 200℃で加熱脱水した素材の吸着等温線であり、横軸
 は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度 90 % の時の吸
 着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量
 （相対水分含有率）を示している。この図から、70℃
 に加熱された相対湿度 10 % の再生空気と平衡する相対
 水分含有率は、0.23 であり、相対湿度 50 % の処理
 空気と平衡する相対水分含有率は、0.66 であること

* l / kg

【0038】同様にして吸着熱が大きい場合の状態 U

は、

※取ると、

が判り、吸脱着の差は 0.43 であって、従来例のゼオ
 ライトを用いた場合の前記 0.378 を上回る。また、
 両方の点を結ぶ曲線は上に凸であって、前記の通り、吸
 脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP の比
 を示す微分係数 dP / dX が小さく、水分を吸着しても
 水蒸気圧が上昇しにくいため、吸着の駆動力が維持さ
 れ、吸着速度を高くすることができて有利である。

【0040】図 4 は、公知例 8 に記載されている、層状
 ケイ酸塩（モンモリロナイト）層間の交換性陽イオンを
 アルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、こ
 れを 300℃で加熱脱水した素材の吸着等温線であり、
 横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度 90 % の時
 の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸
 着量（相対水分含有率）を示している。この図から、7
 0℃に加熱された相対湿度 10 % の再生空気と平衡する
 相対水分含有率は、0.27 であり、相対湿度 50 % の
 処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.73 である
 ことが判り、吸脱着の差は 0.46 であって、従来例の
 ゼオライトを用いた場合の前記 0.378 を上回る。ま
 た、両方の点を結ぶ曲線は上に凸であって、前記の通
 り、吸脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP
 の比を示す微分係数 dP / dX が小さく、水分を吸着
 しても水蒸気圧が上昇しにくいため、吸着の駆動力が維
 持され、吸着速度を高くすることができて有利である。

【0041】図 5 は、公知例 8 に記載されている、層状
 ケイ酸塩（モンモリロナイト）層間の交換性陽イオンを
 アルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、こ
 れを 400℃で加熱脱水した素材の吸着等温線であり、
 横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度 90 % の時

の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量（相対水分含有率）を示している。この図から、70℃に加熱された相対湿度10%の再生空気と平衡する相対水分含有率は、0.18であり、相対湿度50%の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.78であることが判り、吸脱着の差は0.60であって、従来例のゼオライトを用いた場合の前記0.378を上回る。また、両方の点を結ぶ曲線は上に凸であって、前記の通り、吸脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP の比を示す微分係数 dP/dX が小さく、水分を吸着しても水蒸気圧が上昇しにくいいため、吸着の駆動力が維持され、吸着速度を高くすることができて有利である。

【0042】図6は、公知例8に記載されている、層状ケイ酸塩（モンモリロナイト）層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを600℃で加熱脱水した素材の吸着等温線であり、横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度90%の時の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量（相対水分含有率）を示している。この図から、70℃に加熱された相対湿度10%の再生空気と平衡する相対水分含有率は、0.19であり、相対湿度50%の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.73であることが判り、吸脱着の差は0.54であって、従来例のゼオライトを用いた場合の前記0.378を上回る。また、両方の点を結ぶ曲線はほぼ上に凸であって、前記の通り、吸脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP の比を示す微分係数 dP/dX が小さく、水分を吸着しても水蒸気圧が上昇しにくいいため、吸着の駆動力が維持され、吸着速度を高くすることができて有利である。

【0043】図7は、公知例8に記載されている、層状ケイ酸塩（モンモリロナイト）層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを300℃で加熱脱水した素材の吸着等温線を脱着時に測定したデータであり、横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度90%の時の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量（相対水分含有率）を示している。この図から、70℃に加熱された相対湿度10%の再生空気と平衡する相対水分含有率は、0.25であり、相対湿度50%の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.82であることが判り、吸脱着の差は0.57であって、従来例のゼオライトを用いた場合の前記0.378を上回る。また、両方の点を結ぶ曲線は上に凸であって、前記の通り、吸脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP の比を示す微分係数 dP/dX が小さく、水分を吸着しても水蒸気圧が上昇しにくいいため、吸着の駆動力が維持され、吸着速度を高くすることができて有利である。

【0044】前記図3～図7に示したように、本実施例のデシカントは、加熱脱水の処理温度によらず、吸脱着

の差が大きくとれ、しかも吸着速度を高く維持できる特性を有しているから、デシカント空調においては、少ないデシカントで多くの水分処理ができるため、コンパクトなデシカントロータで済み、従って、空調装置をコンパクトにできる。このように、第1の実施例である、層状ケイ酸塩として交換性陽イオンにナトリウム基を持つモンモリロナイトを用いて層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水してアルミナ架橋粘土多孔体にしたものを、デシカントとして用いることによって、従来例に比べて、冷房効果が大きく、省エネルギーに優れ、コンパクトな空調装置を提供することができる。

【0045】なお、本実施例では、層状ケイ酸塩として、モンモリロナイトを用いて、層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水したアルミナ架橋粘土多孔体をデシカントとして用いる事例として示したが、層状ケイ酸塩としてはモンモリロナイトに限らず、類似の膨潤性の2:1型層状構造を有する粘土鉱物として、ヘクトライト、バイデライト、サボナイトなどの天然あるいは合成スメクタイトを用いて層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水してアルミナ架橋粘土多孔体にしたものをデシカントとして用いても差し支えない。

【0046】本発明の第2の実施例は、ポリビニルホルマールを炭化処理し、850℃以下の温度で賦活して得られる構造状活性炭（SAC）を、デシカントとして用いる除湿空調装置である。この種の構造状活性炭の吸湿特性および製造方法は、下記の公知例10の文献に、また製造方法は別の公知例11の文献にも紹介されている。

（公知例10）文献（化学工学論文集、第15巻、第1号、1989年、pp38-43）

（公知例11）文献（化学工学論文集、第10巻、第5号、1984年、pp574-579）公知例10の文献の40頁に、この素材の吸着熱は、平均すると水の凝縮熱のほぼ1.02倍であることが記載されている。従って、前記第1の実施例と同様にして、水分吸着過程の過程は勾配は、

$$\partial X / \partial T \approx C_i = 0.24 / 580 / 1.02 = 0.406 \times 10^{-3}$$

となる。一方、公知例1の特開平6-277440の図17に變成ゼオライト（吸着熱が水の凝縮熱の1.28倍）を用いる場合には、前記第1の実施例と同様、 $X / \partial T = C_p / H \approx C_s = 0.24 / 580 / 1.28 = 0.323 \times 10^{-3}$ となる。

【0047】ここで、冷房効果について比較する。前記第1の実施例と同様の条件で計算し、除湿される水分量 ΔX は5.7g/kgとする。従って、

$$Tl' = 27 + 0.0057 / 0.000406 = 41.04^{\circ}\text{C}$$

となる。この処理空気が外気と熱交換し、状態M'となる。状態M'の温度は、式(2)から、

$$Tm' = (1 - 0.80) 41.04 + 0.8 \times 30 = 32.21^{\circ}\text{C}$$

となる。冷房効果の算出にあたっては、この実施例では若干の吸着熱があるため、状態L'は、室内空気と同一のエンタルピ線上にないから、前記第1の実施例の状態L'の温度を使用して計算する、すなわち、

$$\Delta Q' = (40.77 - 32.21) \times 0.24 = 2.054 \text{ kcal/kg}$$

の冷房効果が得られる。一方、吸着熱がある場合には、第1の実施例を参照して、

$$\Delta Q = 2.069 - 0.186 = 1.883 \text{ kcal/kg}$$

$$Tr' = To + \varepsilon (Tl' - To) = (1 - \varepsilon) To + \varepsilon Tl'$$

$$= 0.2 \times 30 + 0.8 \times 41.04 = 38.83^{\circ}\text{C}$$

状態U'と状態R'が熱交換するから、状態S'は、(7)※ ※式から、

$$Ts' = (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) To + \varepsilon' (Tg - \Delta X / Ci) + \varepsilon (1 - \varepsilon') Tl'$$

$$= 0.2 \times 0.2 \times 30 + 0.8 (70 - 0.0057 / 0.000406) + 0.8 \times 0.2 \times 41.04 = 52.54^{\circ}\text{C}$$

従って、再生空気の加熱量 $\Delta G'$ は、

$$\Delta G' = (Tg - Ts') \times Cp$$

$$= (70 - 52.54) \times 0.24 = 4.190 \text{ kcal/kg}$$

【0049】同様にして吸着熱が大きい場合の加熱量 ΔG は、第1の実施例を参照して、 $\Delta G = 4.152 + 0.595 = 4.747 \text{ kcal/kg}$ であるから、従って、吸着熱が水の凝縮熱の1.28倍あるゼオライトの場合の加熱量は、吸着熱が水の凝縮熱の1.02倍の本実施例に比べて約13%増加する。換言すると、本発明によれば、ゼオライトを使用する場合よりも必要な加熱量が12%減少する。両者をエネルギー効率で比較すると、更に差が大きくなる。本発明によれば動作係数は、 $COP' = \Delta Q' / \Delta G' = 2.054 / 4.190 = 0.4902$

一方、吸着熱が大きいゼオライトを使用する従来の場合は、第1の実施例を参照して、

$$COP = \Delta Q / \Delta G = 0.3967$$

従って、本発明によれば、ゼオライトを用いる従来例よりも動作係数は23.6%向上する。

【0050】一方、本実施例に用いた、構造状活性炭(SAC)の吸湿特性は、公知例10に紹介されており、デシカント空調に最適なものである。以下に図を用いて説明する。図8は、公知例10に記載されている、構造状活性炭(SAC)を800℃で1.5時間低賦活(Activation)して得られた素材の吸着等温線であり、横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度90%の時の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸

* kg

の冷房効果が得られる。従って、冷房効果は、吸着熱が水の凝縮熱の1.02倍ある場合に比べて約8%減少する。換言すると、本発明によれば、ゼオライトを使用する場合よりも冷房効果が9%増加する。

【0048】次に再生空気の所要加熱量について、吸着熱が大きいゼオライトの場合(凝縮熱の1.28倍の場合)と、小さい本実施例の場合(凝縮熱の1.02倍である場合)を比較する。前記と同じく図18において、

10 吸着熱が小さい場合には、状態U'は、前記(5)式から、

$$Tu' = Tg - \Delta X / Ci$$

$$= 70 - 0.0057 / 0.000406 = 55.96^{\circ}\text{C}$$

状態R'は、(6)式から、

$$Tr' = To + \varepsilon (Tl' - To) = (1 - \varepsilon) To + \varepsilon Tl'$$

$$= 0.2 \times 30 + 0.8 \times 41.04 = 38.83^{\circ}\text{C}$$

着量(相対水分含有率)を示している。また白丸は脱着特性を黒丸は吸着特性を表わす。この図から、70℃に加熱された相対湿度10%の再生空気と平衡する相対水分含有率は、0.04であり、相対湿度50%の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.70~0.75であることが判り、吸脱着の差は0.66~0.71であって、従来例のゼオライトを用いた場合の前記0.378を大きく上回り有利である。さらに本材料の最大吸着量は40%と多く、公知例12に記載されているゼオライト(4A)の最大吸着量(23%)に比較して1.7倍多いため、一層有利である。また、両方の点を結ぶ曲線は緩やかなS字形であるが、ほぼリニアな特性として近似できるため、シリカゲルと同様な吸着駆動力が得られ、従来の木質系活性炭よりも大幅に性能が向上する。

(公知例12)文献(空調技術者のための除湿の実用設計、共立出版、昭和55年)の4章152頁図4.1bにゼオライト4Aの最大水分吸着量が23%であることが記載されている。

40 【0051】図9は、公知例10に記載されている、構造状活性炭(SAC)を850℃で1時間低賦活(Activation)して得られた素材の吸着等温線であり、横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度90%の時の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量(相対水分含有率)を示している。また白丸は脱着特性を黒丸は吸着特性を表わす。この図から、70℃に加熱された相対湿度10%の再生空気と平衡する相対水分含有率は、0.03であり、相対湿度50%の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.77~0.79である

ことが判り、吸脱着の差は 0.74~0.76 であつて、従来例のゼオライトを用いた場合の前記 0.378 を大きく上回り有利である。さらに本材料の最大吸着量は 30%と多く、公知例 12 に記載されているゼオライト (4A) の最大吸着量 (23%) に比較して 1.7 倍多いため、一層有利である。また、両方の点を結ぶ曲線は緩やかな S 字形であるが、ほぼリニアな特性として近似できるため、シリカゲルと同様な吸着駆動力が得られ、従来の木質系活性炭よりも大幅に性能が向上する。

【0052】図 10 は、公知例 10 に記載されている、構造状活性炭 (SAC) を賦活 (Activation) する前の素材の吸着等温線であり、横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度 90% の時の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量 (相対水分含有率) を示している。この図から、70℃ に加熱された相対湿度 10% の再生空気と平衡する水分含有率は、0.03 であり、相対湿度 50% の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.70 であることが判り、吸脱着の差は 0.67 であつて、従来例のゼオライトを用いた場合の前記 0.378 を大きく上回り有利である。さらに本材料の最大吸着量は 20% であるが、公知例 12 に記載されているゼオライト (4A) の最大吸着量 (23%) に比較して大差ないため、賦活 (Activation) する前の素材でも有利性は保たれる。

【0053】前記図 8~図 10 に示したように、本実施例のデシカントは、850℃ 以下の賦活 (Activation) 温度であれば、賦活する温度によらず、吸脱着の差が大きくとれ、しかも吸着速度を高く維持できる特性を有しているから、デシカント空調においては、少ないデシカントで多くの水分処理ができるため、コンパクトなデシカントロータで済み、従って、空調装置をコンパクトにできる。このように、第 2 の実施例である、ポリビニルホルマールを炭化処理し、850℃ 以下の温度で賦活して得られる構造状活性炭 (SAC) を、デシカントとして用いることによって、従来例に比べて、冷房効果が大きく、省エネルギーに優れ、コンパクトな空調装置を提供することができる。

【0054】図 11 は、図 3~10 に示したデシカント材料の吸着等温線をまとめて表示したもので、横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度 90% の時の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量 (相対水分含有率) を示している。この図に示すように本発明のデシカントは全て相対湿度 30% から 70% の範囲で相対吸着量を X、相対湿度を P、等温線分離因子を R として、式 $X = P / (R + P - R \cdot P)$ で表わされる関数を用いて、等温線分離因子 $R = 0.2$ として得られる X-P 曲線と、等温線分離因子 $R = 2.5$ として得られる X-P 曲線とに囲まれた範囲内に存在する。ここで、仮定の吸着特性である、等温線分離因子 $R = 0.2$ の場合の吸脱着の差を前記関数を用いて求めると、70℃ に

加熱された相対湿度 10% の再生空気と平衡する水分含有率は、0.357 であり、相対湿度 50% の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.833 であることから、水分吸脱着の差は、0.476 であつて、従来例のゼオライトを用いた場合の前記 0.378 を大きく上回り有利である。

【0055】次に、第 1 の実施例および第 2 の実施例に共通な効果がある類似なデシカントとして、本発明の請求項 1 に記載したように、微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の 1.1 倍以下であるデシカントの効果について計算例を示して説明する。この計算は最も吸着熱が高い場合として、吸着熱の平均値が水の凝縮熱の 1.1 倍のデシカントを想定し、公知例 1 のゼオライトとの比較を行う。前記第 1 の実施例と同様にして、水分吸着過程の過程は勾配は、

$$\partial X / \partial T \approx C_i = 0.24 / 580 / 1.1 = 0.376 \times 10^{-3}$$

となる。一方、公知例 1 の特開平 6-277440 の図 17 に変成ゼオライト (吸着熱が水の凝縮熱の 1.28 倍) を用いる場合には、前記第 1 の実施例と同様、 $X / \partial T = C_p / H \approx C_s$

$$= 0.24 / 580 / 1.28 = 0.323 \times 10^{-3}$$

となる。

【0056】ここで、冷房効果について比較する。前記第 1 の実施例と同様の条件で計算し、除湿される水分量 ΔX は 5.7 g / kg とする。従って、 $T1' = 27 + 0.0057 / 0.000376 = 42.16^\circ\text{C}$

となる。この処理空気が外気と熱交換し、状態 M' となる。状態 M' の温度は、式 (2) から、

$$Tm' = (1 - 0.80) 42.16 + 0.8 \times 30 = 32.43^\circ\text{C}$$

となる。冷房効果の算出にあたっては、この実施例では若干の吸着熱があるため、状態 L' は、室内空気と同一のエンタルピ線上にないから、前記第 1 の実施例の状態 L' の温度を使用して計算する、すなわち、

$$\Delta Q' = (40.77 - 32.43) \times 0.24 = 2.002 \text{ kcal / kg}$$

の冷房効果が得られる。一方、吸着熱がある場合には、第 1 の実施例を参照して、

$$\Delta Q = 2.069 - 0.186 = 1.883 \text{ kcal / kg}$$

の冷房効果が得られる。従って、冷房効果は、吸着熱が水の凝縮熱の 1.1 倍ある場合に比べて約 6% 減少する。換言すると、本発明によれば、ゼオライトを使用する場合よりも冷房効果が 6% 増加する。

【0057】次に再生空気の所要加熱量について、吸着熱が大きいゼオライトの場合 (凝縮熱の 1.28 倍の場合) と、小さい本実施例の場合 (凝縮熱の 1.1 倍である場合) を比較する。前記と同じく図 18 において、吸

着熱が小さい場合には、状態U'は、前記(5)式から、

$$T_{u'} = T_g - \Delta X / C_i \\ = 70 - 0.0057 / 0.000376 = 54.84^{\circ}\text{C}$$

$$T_{r'} = T_o + \varepsilon (T_{l'} - T_o) = (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon T_{l'} \\ = 0.2 \times 30 + 0.8 \times 42.16 = 39.73^{\circ}\text{C}$$

状態U'と状態R'が熱交換するから、状態S'は、(7)※ 式から、

$$T_{s'} = (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon' (T_g - \Delta X / C_i) \\ + \varepsilon (1 - \varepsilon') T_{l'} \\ = 0.2 \times 0.2 \times 30 + 0.8 (70 - 0.0057 / \\ 0.000376) + 0.8 \times 0.2 \times 42.16 = 51.82^{\circ}\text{C}$$

従って、再生空気の加熱量 $\Delta G'$ は、 $\Delta G' = (T_g - T_{s'}) \times C_p$
 $= (70 - 51.82) \times 0.24 = 4.363 \text{ kcal/kg}$

【0058】同様にして吸着熱が大きい場合の加熱量 ΔG は、第1の実施例を参照して、 $\Delta G = 4.152 + 0.595 = 4.747 \text{ kcal/kg}$ であるから、従って、吸着熱が水の凝縮熱の1.28倍あるゼオライトの場合の加熱量は、吸着熱が水の凝縮熱の1.1倍の本実施例に比べて約9%増加する。換言すると、本発明によれば、ゼオライトを使用する場合よりも必要な加熱量が8%減少する。両者をエネルギー効率で比較すると、更に差が大きくなる。本発明によれば動作係数は、 $COP' = \Delta Q' / \Delta G' = 2.002 / 4.363 = 0.4589$

一方、吸着熱が大きいゼオライトを使用する従来の場合、第1の実施例を参照して、

$$COP = \Delta Q / \Delta G = 0.3967$$

従って、本発明によれば、動作係数は15.7%向上する。このように、本発明の請求項1に記載したように、微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の1.1倍以下であるデシカントを用いることによって、大幅に冷房効果が増加し、かつ高い省エネルギー効果が得られる。本発明の第3の実施例は、デシカントとして下記公知例13に記載されているように、アルミナ水和物（例えば水酸化アルミニウム、ペーマイト、擬ペーマイトなど）とリン酸とを熱解離性のテンプレート剤（例えばトリプロピルアミンのような有機塩基）を用いて反応させて得られる多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ、例えば、ユニオンカーバイド社および学会における通称 $AlPO_4 - 5$ ）を用いる除湿空調装置である。発明者らは、この多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ、通称 $AlPO_4 - 5$ ）を合成し、その吸着熱と吸着特性を測定し、下記の結果を得た。★

$$X / \partial T = C_p / H \approx C_s = 0.24 / 580 / 1.28 \\ = 0.323 \times 10^{-3}$$

となる。

【0062】ここで、冷房効果について比較する。処理空気の室内状態（状態K）は乾球温度 T_r 、絶対湿度 X_r とし、処理空気の除湿量を ΔX とする。また再生空気

* $^{\circ}\text{C}$

状態R'は、(6)式から、

★（公知例13）文献（Journal of American Chemical Society. Vol. 104, pp. 1146-1147, 1982年）に題名「Aluminophosphate Molecular Sieve: A New Class of Microporous Crystalline Inorganic Solid」として、この種の多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）の呼称分類が記載されている。

【0059】図12は、測定された、多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）の吸着熱を示す図であって、横軸は吸着量、縦軸は吸着熱を示している。図13は、図12の関係を用いて最大吸着量の20%以上の水分を吸着する際の吸着熱を水の凝縮熱に対する比として示したもので横軸は吸着量、縦軸は吸着熱の水の凝縮熱に対する比を示している。図13からこの素材の吸着熱は微分吸着熱が水の凝縮熱の0.97~1.08倍であり、平均すると水の凝縮熱のほぼ1.05倍であることが判る。

【0060】このように小さな吸着熱を有するデシカントを図5に示したデシカント空調装置に用いた場合の効果について、以下に説明する。図7の湿り空気線図上の水分吸着過程（状態K~L, L'）は、吸着熱が水の凝縮熱の1.05倍と小さい場合（状態K~L'）には熱バランスから次の式が成り立つ。

$$\Delta X \cdot (R \times 1.05) = \Delta T \cdot C_p$$

従って、この過程は勾配が $\partial X / \partial T = C_p / R / 1.05 \approx C_i$ ($= 0.24 / 580 / 1.05 = 0.394 \times 10^{-3} = \text{一定}$) の線分で示される（ここでRは水の凝縮潜熱、 C_p は空気の設定圧比熱）。

【0061】一方、吸着熱がさらにに大きい場合（状態K~L）には、同様にして勾配が $\partial X / \partial T = C_p / H \approx C_s$ ($= \text{一定}$) の線分で示される（ここでHは吸着熱）。ちなみに、公知例1の特開平6-277440の図17に變成ゼオライト（吸着熱が水の凝縮熱の1.28倍のゼオライト）を用いる場合には、

には処理空気と同じ流量の外気を用い、入口条件は乾球温度 T_o 、絶対湿度 X_o とし、再生温度を T_g とする。これらの条件は吸着熱がある場合とない場合で同一として比較する。処理空気の吸着除湿過程では、吸着熱が

1.05倍と小さい場合には、吸着後の温度 $T_{l'}$ は、
 $T_{l'} = T_r + \Delta X / C_i$ (1)

【0063】ここで ΔX は除湿前後の湿度差の絶対値である。70℃で再生する場合は前述の通り、デシカントは相対湿度10%まで吸着できるから、室内空気条件をJIS-C9612等に規定された乾球温度27℃、湿球温度19℃(相対湿度48%、絶対湿度10.7g/kg)とすると、該状態を通る勾配 $X/\partial T = 0.39^*$

$$T_m' = T_{l'} - \varepsilon (T_{l'} - T_o) = (1 - \varepsilon) T_{l'} + \varepsilon T_o \\ = (1 - \varepsilon) (T_r + \Delta X / C_i) + \varepsilon T_o \quad (2)$$

ここで ε は第1の顕熱交換器の温度効率を示す。従って、第1の顕熱交換器の温度効率を80%、外気温度を30℃とすると、 $T_m' = (1 - 0.80) 41.47 + 0.8 \times 30 = 32.29^\circ\text{C}$ となる。冷却前の点 L' は、室内と同じエンタルピ線上の点よりも高温側にあり、室内と同じエンタルピ線上の点の温度は、41.47 - 0.0057 / 0.000394 × (1.05 -

$$T_m = T_l - \varepsilon (T_l - T_o) = (1 - \varepsilon) T_l + \varepsilon T_o \\ = (1 - \varepsilon) (T_r + \Delta X / C_s) + \varepsilon T_o \quad (3)$$

この場合状態 M 、と前記 M' で、 T_m と T_m' の差を取★20★ると、

$$T_m' - T_m = (1 - \varepsilon) (1 / C_i - 1 / C_s) \Delta X \\ = (1 - \varepsilon) (C_s - C_i) \Delta X / C_i C_s \quad (4)$$

従って、ゼオライトを用いる場合には、

$$T_m' - T_m = (1 - 0.80) (0.323 \times 10^{-3} - 0.394 \times 10^{-3}) 5.7 \times 10^{-3} / 0.394 \times 10^{-3} \\ / 0.323 \times 10^{-3} \\ = -0.636^\circ\text{C}$$

従って、冷房効果は、ゼオライトのように吸着熱が大きい場合には、0.636 × 0.24 = 0.153 kcal/kg だけモレキュラシーブを用いる場合よりも小さくなる。即ち、本発明のモレキュラシーブを用いる場合に比べて約7.5%減少する。換言すると、本発明によれば、ゼオライトを使用する場合よりも冷房効果が8.1%増加する。

☆

$$T_u' = T_g - \Delta X / C_i = 70 - 0.0057 / 0.000394 \\ = 55.53^\circ\text{C} \quad (5)$$

状態 R' は、

$$T_r' = T_o + \varepsilon (T_{l'} - T_o) = (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon T_{l'} \\ = 0.2 \times 30 + 0.8 \times 41.47 = 39.18 \quad (6)$$

状態 U' と状態 R' が熱交換するから、状態 S' は、

$$T_s' = (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon T_{l'} + \varepsilon' [(T_g - \Delta X / C_i) - (1 - \varepsilon) T_o - \varepsilon T_{l'}] \\ = (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon' (T_g - \Delta X / C_i) + \varepsilon (1 - \varepsilon') T_{l'} \quad (7) \\ = 0.2 \times 0.2 \times 30 + 0.8 (70 - 0.0057 / 0.000394) + 0.8 \times 0.2 \times 41.47 \\ = 52.26^\circ\text{C}$$

ここで、 ε' は第2の顕熱交換器の温度効率である。◆ ◆ 【0067】従って、再生空気の加熱量 $\Delta G'$ は、

$$\Delta G' = (T_g - T_s') \times C_p = (70 - 52.26) \times 0.24 \\ = 4.258 \text{ kcal/kg}$$

* 4×10^{-3} の線が相対湿度10%と交わる点を求めると到達する絶対湿度は、約5g/kgとなる。従って除湿される水分量 ΔX は5.7g/kgとなる。従って、 $T_{l'} = 27 + 0.0057 / 0.000394 = 41.47^\circ\text{C}$ となる。

【0064】この処理空気が外気と熱交換し、状態 M' となる。状態 M' の温度は、

※1.00) = 40.77℃であるから、すなわち、モレキュラシーブを用いる場合には、冷房効果として、 $\Delta Q' = (40.77 - 32.29) \times 0.24 = 2.035 \text{ kcal/kg}$ の冷房効果が得られる。

【0065】一方、吸着熱が大きい場合には、

☆ 【0066】次に、再生空気の所要加熱量について、ゼオライトのように吸着熱が大きい場合(凝縮熱の1.28倍の場合)と、モレキュラシーブのように吸着熱が小さい場合(凝縮熱の1.05倍に等しい場合)を比較する。前記と同じく図7において、吸着熱が小さい場合には、状態 U' は、

同様にして吸着熱が大きい場合（凝縮熱の 1.28 倍の* * 場合）の状態 U は、

$$T_s = (1 - \varepsilon') (1 - \varepsilon) T_o + \varepsilon' (T_g - \Delta X / C_s) + \varepsilon (1 - \varepsilon') T_l \quad (8)$$

この場合状態 S'、または S の乾球温度が高い方が、再生加熱量が少ないことになるので、 $T_{s'}$ と T_s の差※

$$\begin{aligned} T_{s'} - T_s &= -\varepsilon' (\Delta X / C_i - \Delta X / C_s) + \varepsilon (1 - \varepsilon') (T_l' - T_l) \\ &= -\varepsilon' (\Delta X / C_i - \Delta X / C_s) + \varepsilon (1 - \varepsilon') [(T_r + \Delta X / C_i) - (T_r + \Delta X / C_s)] \\ &= \Delta X (C_i - C_s) (\varepsilon' - \varepsilon + \varepsilon' \varepsilon) / C_s C_i \quad (9) \\ &= 0.0057 \times (0.000394 - 0.000323) \times (0.8 - 0.8 + 0.8 \times 0.8) / 0.000323 / 0.000394 \\ &= 2.04^\circ\text{C} \end{aligned}$$

従って、吸着熱が大きい場合の加熱量は、 $2.04 \times 0.24 = 0.490 \text{ kcal/kg}$ だけ多くなる。即ち、吸着熱が水の凝縮熱の 1.05 倍に等しい場合に比べて約 11.5% 増加する。換言すると、本発明によれば、ゼオライトを使用する場合よりも必要な加熱量が 10.3% 減少する。

【0068】両者をエネルギー効率で比較すると、更に差が大きくなる。本発明によれば動作係数は、 $COP' = \Delta Q' / \Delta G' = 2.035 / 4.258 = 0.4779$

一方、吸着熱が大きいゼオライトを使用する従来の場合は、

$$COP = \Delta Q / \Delta G = (2.035 - 0.153) / (4.258 + 0.490) = 0.3964$$

従って、本発明によれば、ゼオライトを用いる従来例に比べて、動作係数は 20.6% 向上する。

【0069】一方、本実施例に用いた、多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）の吸湿特性も、発明者の測定により、デシカント空調に最適なものであることを確認している。以下に図を用いて説明する。図 14 は、発明者が測定したアルミナ水和物（例えば、水酸化アルミニウム、ペーマイト、擬ペーマイトなど）とリン酸とを熱解離性のテンプレート剤（例えばトリプロピルアミンのような有機塩基）を用いて反応させて得られる多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ、例えば、ユニオンカーバイト社および学会における通称 A1PO₄-5）の吸着等温線であり、横軸は相対湿度、縦軸は各デシカントの湿度 90% の時の吸着量を分母とし吸着量を分子として定義する相対吸着量（相対水分含有率）を示している。この図から、70℃ に加熱された相対湿度 10% の再生空気と平衡する相対水分含有率は、0.05 であり、相対湿度 50% の処理空気と平衡する相対水分含有率は、0.81 であることが判り、吸脱着の差は 0.76 であって、従来例のゼオライトを用いた場合の前記 0.378 を大きく上回る。また、とくに相対湿度 20% から 50% にかけての曲線は上に凸であつて、前記の通り、吸脱着量の変化量 ΔX に対する相対湿度の変化量 ΔP の比を示す微分係数 dP/dX が小さく、水分を吸着しても水蒸気圧が上昇しにくいいため、吸着の駆動力が維持され、吸着速度を高くすることができて有利である。また、水分を吸着する際発生する吸着熱は、水分含有率が極端に小さい場合、極めて大きくなることが一般的であるが、本発明の用途においては、最大吸着量の 20% 以上すなわち相対水分含有率で 0.20 以上の領域で吸着熱が低ければ、本発明の効果を発揮することができる。

【0070】このように、本実施例のデシカントは、加熱脱水の処理温度が低い場合でも、吸脱着の差が大きくとれ、しかも吸着速度を高く維持できる特性を有しているから、デシカント空調においては、少ないデシカントで多くの水分処理ができるため、コンパクトなデシカントロータで済み、従って、空調装置をコンパクトにできる。このように、アルミナ水和物（例えば、水酸化アルミニウム、ペーマイト、擬ペーマイトなど）とリン酸とを熱解離性のテンプレート剤（例えばトリプロピルアミンのような有機塩基）を用いて反応させて得られる多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ、例えば、ユニオンカーバイト社および学会における通称 A1PO₄-5）を、デシカントとして用いることによって、従来例に比べて、冷房効果が大きく、省エネルギーに優れ、コンパクトな空調装置を提供することができる。

【0071】図 15 は、本発明の他の実施例であって、図 16 に示したようなデシカント空調装置とヒートポンプを組合せた、所謂ハイブリッド形のデシカント空調装置であって、水分吸着後の再生空気と熱交換した処理空気をヒートポンプの低熱源で冷却し、かつデシカント再生前の再生空気をヒートポンプの高熱源で加熱してデシカントを再生することを特徴とする除湿空調装置である。この種のハイブリッド形デシカント空調装置によれば、更に省エネルギーな空調装置を提供できる。以下に図面を参照して説明する。

【0072】図 15 の実施例は、処理空気経路 A と、再

生空気経路Bと、デシカントロータ103と、2つの顕熱交換器104, 121と、ヒートポンプの高熱源による加熱器(凝縮器)220と、低熱源による冷却器(蒸発器)240と、ヒートポンプの圧縮機260と、加湿器105を主な構成機器として、処理空気をデシカントロータ103で除湿し、デシカントの水分吸着熱によって温度上昇した処理空気を第1の顕熱交換器104で再生空気と熱交換して冷却し、それをさらに冷却器240で冷却したのち加湿器で加湿して空調空間に供給するとともに、再生空気を外部空間(OA)から取り入れて、前記第1の顕熱交換器104で処理空気と熱交換しさらに第2の顕熱交換器121でデシカント再生後の再生空気と熱交換して温度上昇したのち、加熱器220でヒートポンプの凝縮熱によって加熱して相対湿度を下げて、デシカントロータ103を通過させて、デシカントロータ103の水分を脱着再生し、さらに再生後の再生空気を加熱前の再生空気と第2の顕熱交換器121で熱交換したのち、外部(EX)に放出するよう構成したものである。

【0073】作用については、図16の従来例に冷却器240による冷却作用が加わった点異なるのみであるため詳細な説明は省略し、以下に省エネルギー効果について説明する。ここでは、デシカントロータ103には第1の実施例と同じ層状ケイ酸塩として交換性陽イオンにナトリウム基を持つモンモリロナイトを用いて層状ケイ酸塩層間の交換性陽イオンをアルミニウムを含む多核金属水酸化イオンで交換し、これを加熱脱水してアルミナ架橋粘土多孔体にしたものを用いることとする。即ちこのデシカントの吸着熱は水の凝縮熱に等しい。

【0074】この種のハイブリッドデシカント空調機に用いるヒートポンプは出願人が特願平9-90242として開示した方法を用いて再生空気温度を70℃まで加熱すると、蒸発温度は15℃、凝縮温度は65℃程度が必要となり、温度リフトは50℃となる。従って、通常得られる動作係数(COP)は、3.0程度である。従って、圧縮機の入力エネルギーを1とすると、加熱器220では4.0の熱が放出される。前記第1の実施例において、図18のS'~Tの加熱量 $\Delta G'$ は、

$$\Delta G' = (40.77 - 32.15) \times 0.24 = 2.069 \text{ kcal/kg}$$

$$0.69 \text{ kcal/kg}$$

*40

$$\Delta G' = (T_g - T_{s'}) \times C_p = (70 - 52.26) \times 0.24 = 4.258 \text{ kcal/kg}$$

であるから、図15の冷却器240では、

$$q = \Delta G' \times \text{COP} / (\text{COP} + 1) = 4.258 \times 3.0 / 4.0 = 3.194 \text{ kcal/kg}$$

の冷却効果が得られる。冷却後の処理空気の温度は、 $T_{m'} - q / C_p = 32.29 - 3.194 / 0.24 = 18.98^\circ\text{C}$

である(蒸発温度以上である)。従って総合冷房効果は、

*であるから、図15の冷却器240では、

$$q = \Delta G' \times \text{COP} / (\text{COP} + 1) = 4.152 \times 3.0 / 4.0 = 3.114 \text{ kcal/kg}$$

の冷却効果が得られる。冷却後の処理空気の温度は、 $T_{m'} - q / C_p = 32.15 - 3.114 / 0.24 = 19.18^\circ\text{C}$

である(蒸発温度以上である)。従って、総合冷房効果は、

$$10 \quad \Delta Q' + q = 2.069 + 3.114 = 5.183 \text{ kcal/kg}$$

となる。一方、ヒートポンプの駆動エネルギーは、

$$W = \Delta G' / (\text{COP} + 1) = 4.152 / 4 = 1.038 \text{ kcal/kg}$$

であるから、この空調装置の総合COPは、

$$\text{COP} = (\Delta Q' + q) / W = 5.183 / 1.038 = 4.993$$

となる。通常、一般空調用の蒸気圧縮式冷凍サイクルを用いる空調装置のCOPは3程度であるから、本実施例によれば、40%の省エネルギー効果が得られる。

【0075】次に、デシカントロータ103として第3の実施例と同じアルミナ水和物(例えば、水酸化アルミニウム、ペーマイト、擬ペーマイトなど)とリン酸とを熱解離性のテンプレート剤(例えばトリプロピルアミンのような有機塩基)を用いて反応させて得られる多孔質リン酸アルミニウム(モレキュラシーブ、例えば、ユニオンカーバイド社および学会における通称A1PO₄-5)を用いることとする。即ち、このデシカントの吸着熱は前記の通り水の凝縮熱の1.05倍に等しい。

30 【0076】ヒートポンプは、先の例と同様に、本出願人が特願平9-90242として開示した方法を用いる。再生空気温度を70℃まで加熱すると、蒸発温度は15℃、凝縮温度は65℃程度が必要となり、温度リフトは50℃となる。従って、通常得られる動作係数(COP)は、3.0程度である。従って、圧縮機の入力エネルギーを1とすると、加熱器220では4.0の熱が放出される。

【0077】前記第3の実施例において、図18のS'~Tの加熱量 $\Delta G'$ は、

$$\Delta Q' + q = 2.035 + 3.194 = 5.229 \text{ kcal/kg}$$

となる。

【0078】一方、ヒートポンプの駆動エネルギーは、

$$50 \quad W = \Delta G' / (\text{COP} + 1) = 4.258 / 4 = 1.064 \text{ kcal/kg}$$

065 kcal/kg

であるから、この空調装置の総合COPは、

$$COP = (\Delta Q' + q) / W = 5.229 / 1.065 = 4.910$$

となる。通常、一般空調用の蒸気圧縮式冷凍サイクルを用いる空調装置のCOPは3程度であるから、本実施例

$$q = \Delta G \times COP / (COP + 1) = 4.747 \times 3.0 / 4.0 = 3.560 \text{ kcal/kg}$$

の冷却効果が得られる。冷却後の処理空気の温度は、

$$T_m - q / C_p = 32.15 + 0.776 - 3.560 / 0.24 = 18.09^\circ\text{C}$$

である（蒸発温度以上である）。従って総合冷房効果は、

$$\Delta Q + q = 2.069 - 0.186 + 3.560 = 5.443 \text{ kcal/kg}$$

となる。

【0080】一方、ヒートポンプの駆動エネルギーは、 $W = \Delta G / (COP + 1) = 4.747 / 4 = 1.187 \text{ kcal/kg}$

であるから、この空調装置の総合COPは、

$$COP = (\Delta Q' + q) / W = 5.443 / 1.187 = 4.586$$

となる。従って、この場合には従来の一般空調用の蒸気圧縮式冷凍サイクルを用いる空調装置に対して、35%の省エネルギー効果が得られることになるが、本発明の効果よりも低く、しかもヒートポンプに能力が大きいものを必要とする。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、潮解性がなく、かつ微分吸着熱の最大値が水の凝縮熱の1.1倍以下で、かつ吸着等温線で示される吸着特性が65～75℃の再生温度に適当な等温吸着特性を有するデシカントを用いて、空調装置を構成することにより、吸着熱に起因する冷房効果の損失や再生空気の再生に要する加熱量が低減され、かつデシカントの吸脱着による水分吸着量の差が大きく使えるため、空調装置を従来に比べて比較的低い温度の熱源で駆動でき、かつ冷房効果が大きく、かつ省エネルギーで、かつコンパクトな除湿空調装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】公知例に記載されたアルミナ架橋粘土多孔体の吸着熱を示す図である。

【図2】図1の關係を用いて吸着熱を水の凝縮熱に対する比として示した図である。

【図3】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

によれば、39%の省エネルギー効果が得られる。

【0079】次に、デシカントに公知例1のゼオライトを用いる場合の動作係数（COP）を計算すると、図18のS～Tの加熱量 ΔG は、第1の実施例から、

$$\Delta G = 4.747 \text{ kcal/kg}$$

であるから、図15の冷却器240では、

【図4】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

【図5】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

【図6】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

【図7】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

20 【図8】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

【図9】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

【図10】公知例に記載されているデシカントの相対吸着量（相対水分含有率）を示す図である。

【図11】図3～10に示したデシカント材料の吸着等温線をまとめて表示した図である。

【図12】多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）の吸着熱を示す図である。

30 【図13】図12の關係を用いて吸着熱を水の凝縮熱に対する比として示した図である。

【図14】多孔質リン酸アルミニウム（モレキュラシーブ）の吸着等温線を示す図である。

【図15】本発明の他の実施例を示す図である。

【図16】従来技術を示す図である。

【図17】従来のゼオライトの吸着等温線を示す図である。

【図18】図16に示した機器構成を持ったデシカント空調のサイクルを湿り空気線図上に示した図である。

40 【図19】活性炭の代表的吸着等温線を示す図である。

【符号の説明】

103 デシカントロータ

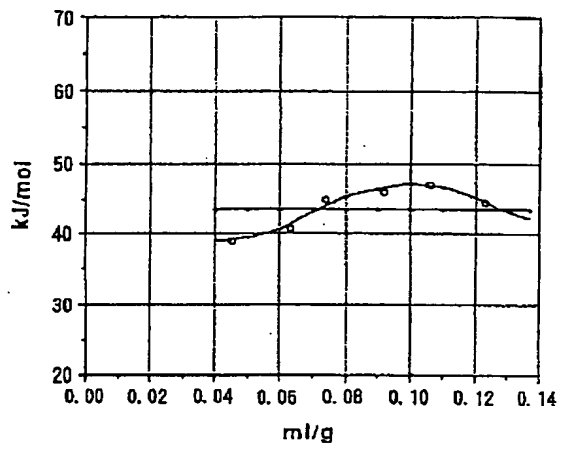
220 加熱器

240 冷却器

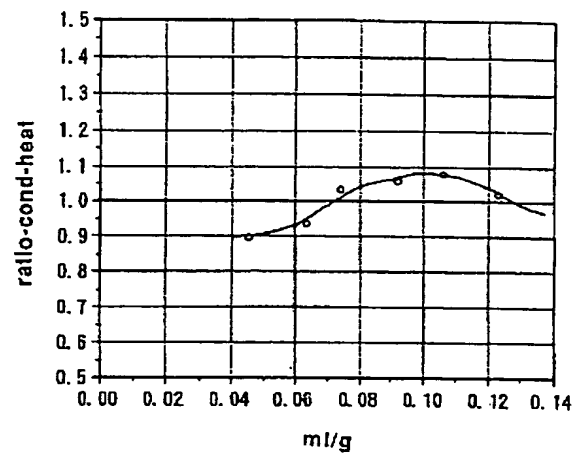
A 処理空気経路

B 再生空気経路

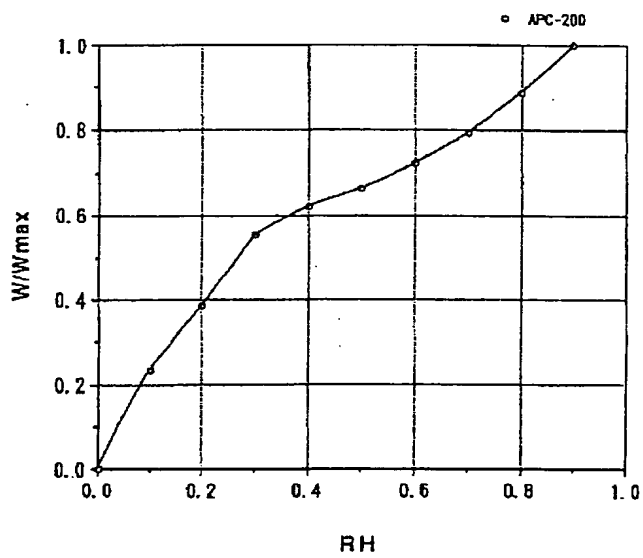
【図1】



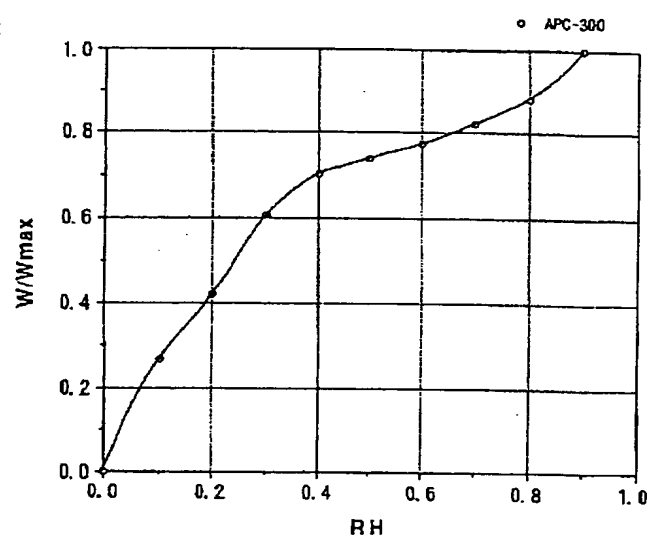
【図2】



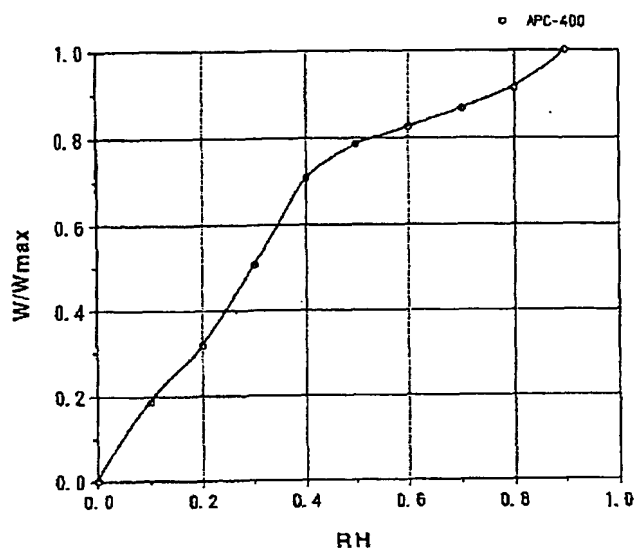
【図3】



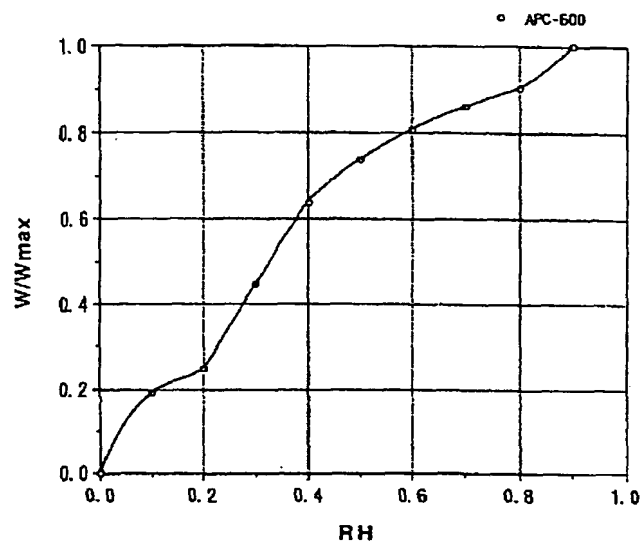
【図4】



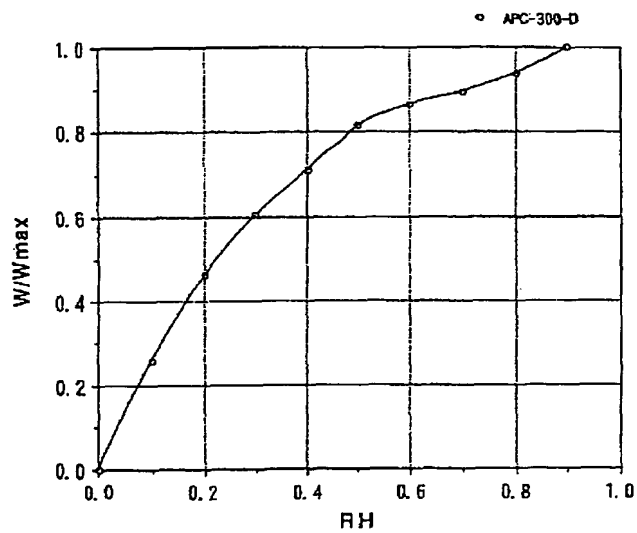
【図 5】



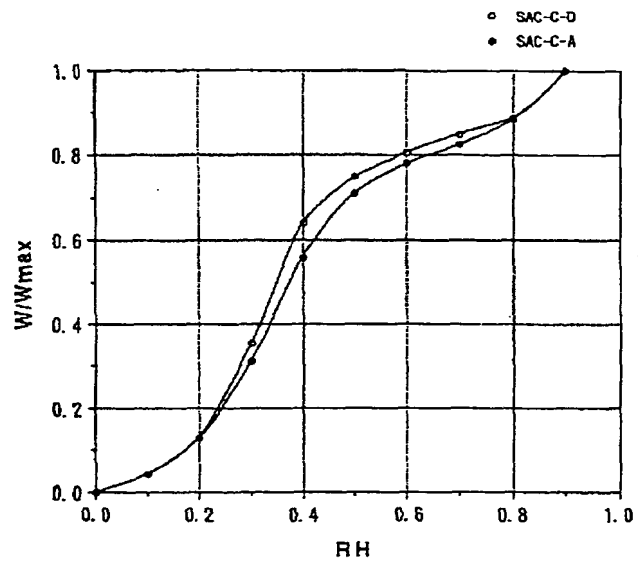
【図 6】



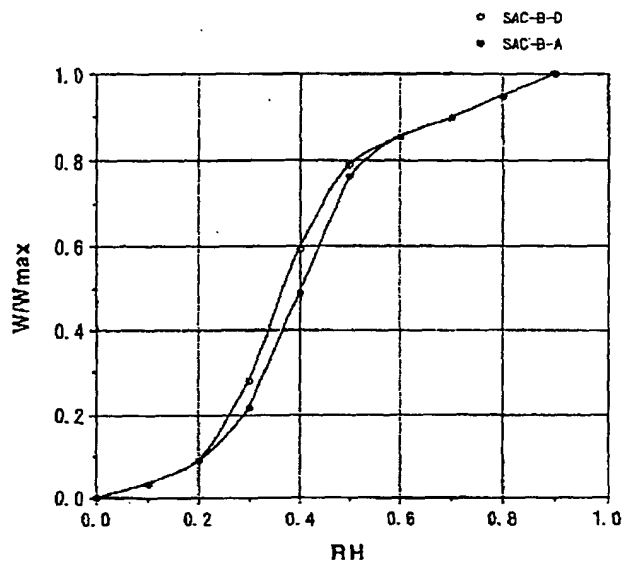
【図 7】



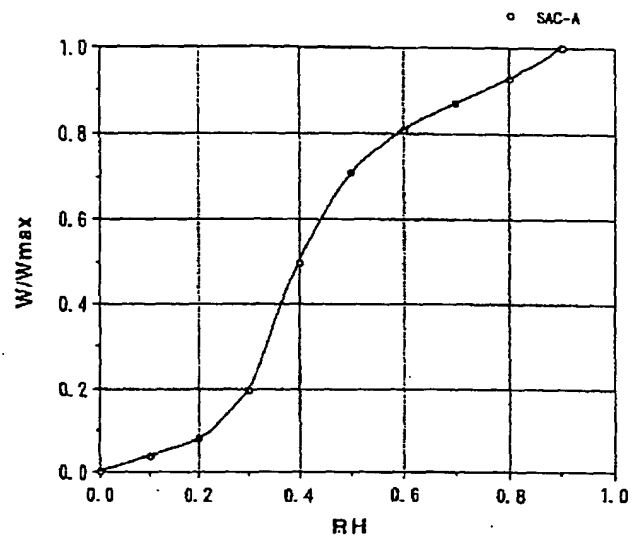
【図 8】



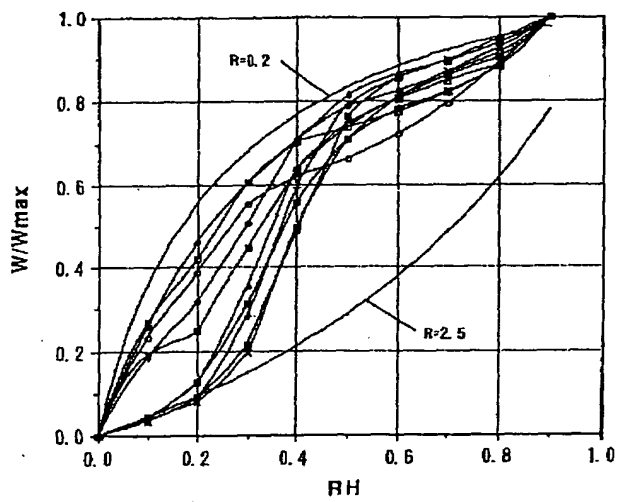
【図 9】



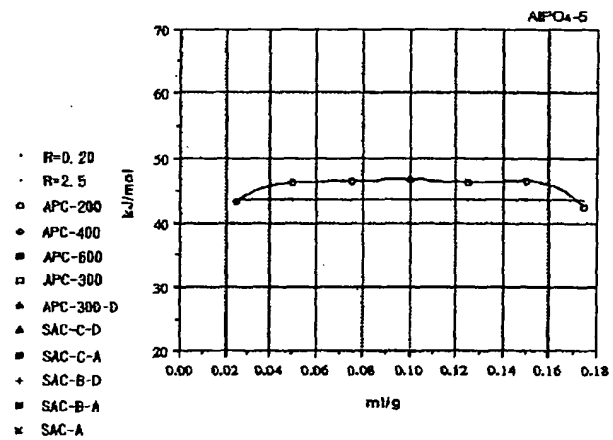
【図 10】



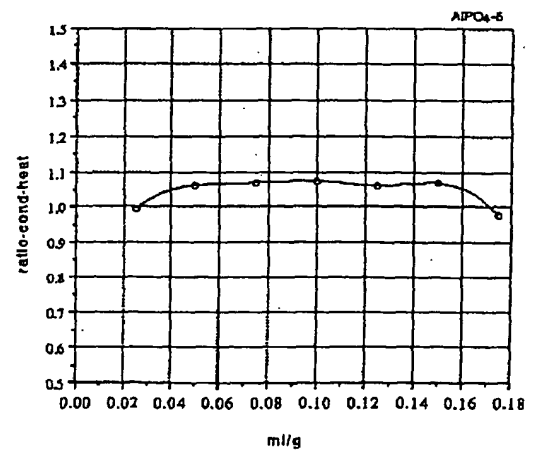
【図 11】



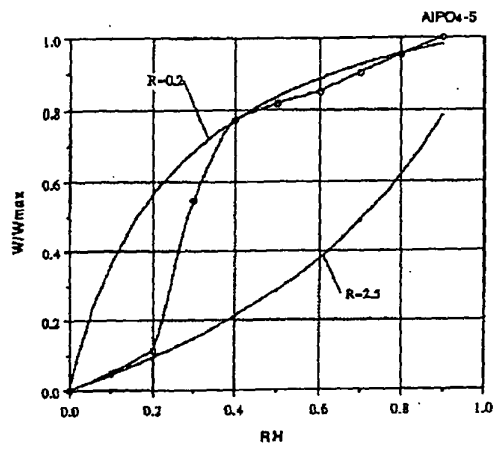
【図 12】



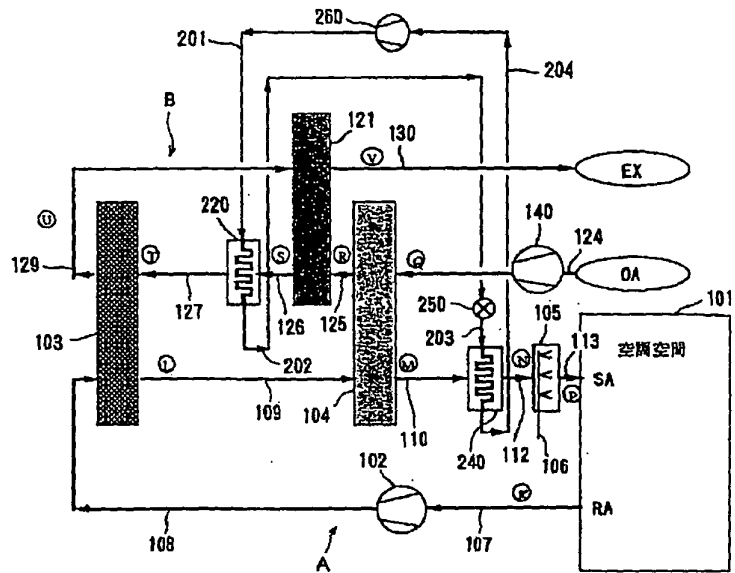
【図 13】



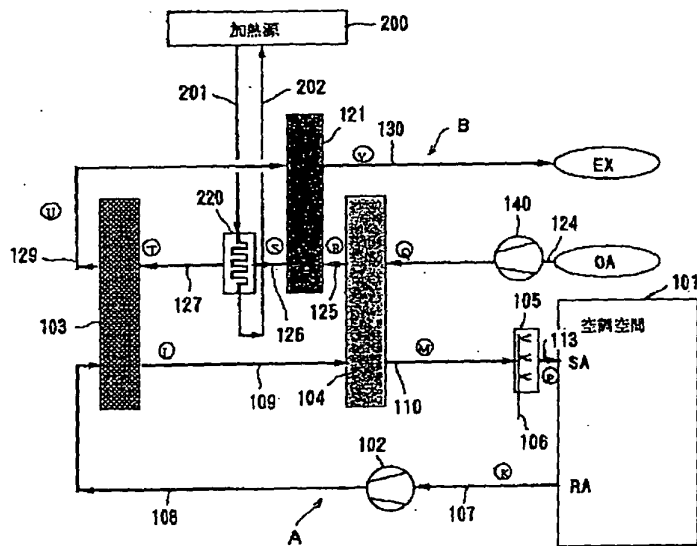
【図14】



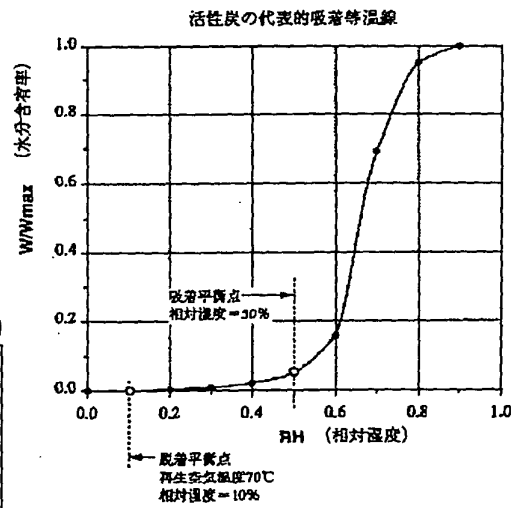
【図15】



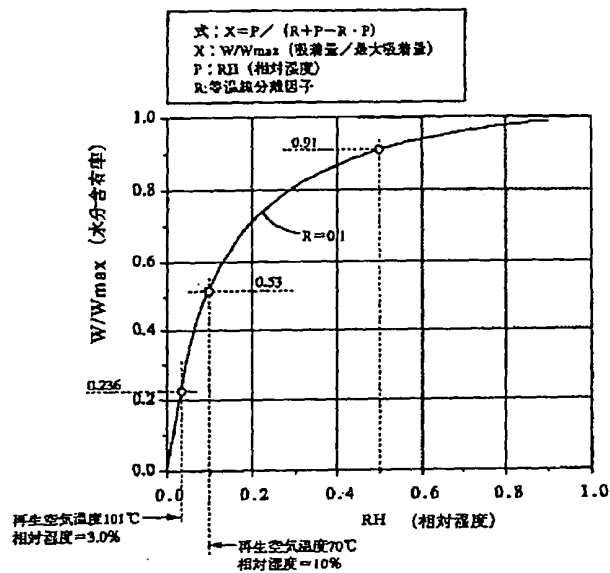
【図16】



【図19】



【図17】



【図18】

